

УДК 69.059.7

С.А. Джирма, доц., канд. техн. наук

Кировоградский национальный технический университет

Трещины в конструкциях из бетона и железобетона. Технология выполнения работ по устранению трещин

В статье описаны причины возникновения трещин в бетонных и железобетонных конструкциях. Рассмотрены виды трещин и причины трещинообразования. На основании выполненных исследований описана технология работ по устранению трещин в железобетонных конструкциях.

железобетон, пакеры, трещины, инъектирование, пропитка, герметизация трещины, цементный клей, эпоксидная смола.

Проблемы безопасной эксплуатации каменных и железобетонных конструкций возникли много веков назад с появлением первых искусственных сооружений. К сожалению, большинство сооружений, построенных в 60-е и 70-е годы, практически выработали свой эксплуатационный ресурс, а вывод их из эксплуатации и замена невозможны по экономическим причинам. Поэтому всё большее место на рынке строительных услуг занимают новые технологии ремонта, восстановления и укрепления старых сооружений.

Трещины в бетоне и железобетоне являются обычным явлением, встречающимся при обследовании строительных конструкций. Их эффективный ремонт и заполнение в настоящее время требуют знания современных технологий, квалифицированных специалистов, а также применения специальных материалов, инструментов и средств механизации работ. Первоначальное определение причин образования, вида и размера трещин является обязательным условием их эффективного ремонта.

Трещинообразование в бетоне и железобетоне и допустимая величина трещины

Как известно, бетон материал, имеющий высокую прочность на сжатие и в 10...20 раз меньшую прочность на растяжение [1]. Бетонные и железобетонные конструкции во время их эксплуатации подвержены наряду с запланированными нагрузками и воздействиями также целому комплексу дополнительных внешних нагрузок и внутренних напряжений, что в свою очередь ведёт к трещинообразованию. При работе в растянутой зоне, при усадке, а также в некоторых других ситуациях бетон дает трещины, которые необходимо контролировать и, в случае необходимости, ремонтировать. Контроль трещин должен заключаться в определении их размеров и в последующем сравнении этих показателей с граничными. Превышение допустимых размеров трещин без их своевременного ремонта может влиять на несущую способность конструкции, защиту арматуры от коррозии, водо- и газонепроницаемость, эстетический вид конструкции.

Трещины в бетоне и железобетоне не являются чем-то необычным и в принципе (при их размерах ниже допустимых) не относятся к дефектам строительных конструкций. Только в редких и исключительных случаях трещины могут привести к потере устойчивости, невозможности дальнейшей эксплуатации или к разрушению конструкции. Трещины в бетоне и железобетоне могут существенно снизить долговечность конструкции только в том случае, если их ширина, глубина и плотность расположения превышают принятые допустимые значения. С превышением этих значений возрастает

риск проникновения в конструкцию влаги и газов, а это в свою очередь может привести к коррозии арматуры и бетона с последующим снижением их прочности и долговечности. До тех пор, пока эти принятые максимальные значений не превышены – трещины в железобетонных конструкциях являются эстетическим недостатком и не требуют ремонта, т.е. их заполнения.

В современной мировой практике ремонтных работ трещины в железобетонных конструкциях считаются нормальными (или безопасными), т.е. не расцениваются как дефект, и вследствие этого не требуют ремонта, если их ширина [1, 2]:

- в агрессивной среде, в воде, в предварительно напряженном бетоне – меньше 0,1 мм;
- во влажных внутренних помещениях, на открытом воздухе – меньше 0,2 мм;
- в сухих помещениях – меньше 0,3 мм.

Если же трещины имеют большую ширину, то их инъецируют, т.е. заполняют специальными материалами.

Обследование трещин

Перед планированием и определением необходимости ведения работ по заполнению трещин обследуют поверхность железобетонной конструкции.

Только с учетом данных обследования можно правильно выбрать метод ремонта и материал заполнения трещин. При обследовании трещин необходимо обратить особое внимание на следующее [2, 3]:

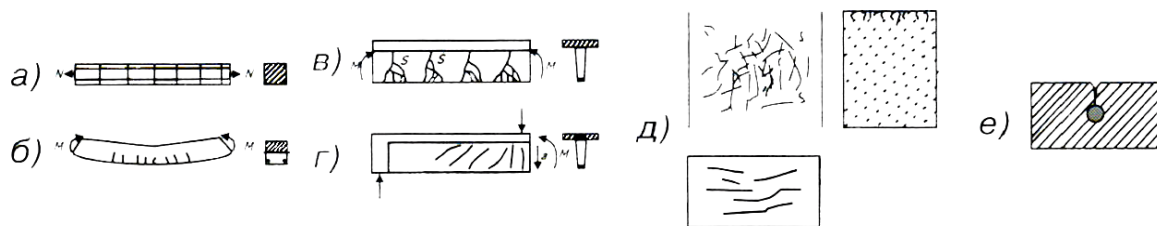
- вид трещины (поверхностная, односторонняя или сквозная), а также наличие других внутренних пустот;
- расположение и прохождение трещины (наклонное, продольное, поперечное или радиальное);
- ширина и глубина трещины;
- возможное изменение размеров трещины в течение времени;
- причину образования трещины;
- состояние трещины и её краев (кромки);
- предшествующие ремонтно-строительные мероприятия;
- доступность трещины;
- возможные внешние воздействия на конструкцию.

Только после проведения обследования может быть выработана концепция наиболее рационального и эффективного ремонта трещин и определены основные данные, а именно:

- причины трещинообразования;
- необходимость заполнения трещины;
- цели, вид и материал заполнения;
- риск последующего возможного трещинообразования.

Виды трещин и причины трещинообразования

Трещины в бетонных и железобетонных конструкциях могут возникнуть вследствие воздействия нагрузок или внутренних напряжений. Они могут быть обусловлены неудовлетворительным статическим расчетом конструкции или ее конструктивными недостатками. Кроме того, они могут быть связаны с технологическими свойствами бетона и могут возникнуть как в свежесделанном бетоне, так и в бетоне уже набравшем прочность [4]. Корродирующая арматура может быть также причиной трещинообразования в железобетоне. Для основной массы трещин в зависимости от причины трещинообразования существуют определённый типичный внешний вид трещины, ее расположение и прохождение (рис. 1) [2].



а – глубокие трещины в зависимости от растягивающих усилий; б – трещины вследствие изгиба конструкции; в – трещины в следствие сдвигающих воздействий; г – поверхностные и сетчатые трещины; д – усадочная поверхностная трещина, е – трещина вдоль арматурного стержня

Рисунок 1 – Виды трещин

Основные причины трещинообразования могут быть следующие:

- усадка свежееуложенного бетона;
- потеря (отток) гидратационного тепла;
- усадка (высыхание) бетона;
- внешние температурные воздействия;
- изменение условий опирания конструкции;
- напряжение от внутренних сил;
- внешние нагрузки;
- мороз;
- коррозия арматуры.

Виды заполнения трещин. Материалы для заполнения трещин

Виды заполнения трещин отличаются между собой по технологии заполнения, стоимости, трудоёмкости и применяемым материалам. Европейская практика ведения ремонта и заполнения трещин предусматривает следующие виды заполнения трещин [2]:

- пропитывание (пропитка), т.е. нанесение и заполнение трещины материалом без дополнительных приспособлений и без принудительного давления;
- инъекция (инъектирование), т.е. нанесение и заполнение трещины материалом через специальные приспособления (пакеры) под давлением.

При этом в зависимости от материала и технологии заполнения трещины достигаются следующие цели:

- закрытие трещины;
- герметизация трещины;
- пластичное соединение трещины;
- жесткое прочное соединение.

Идеальный материал для заполнения трещин должен обладать следующими свойствами:

- достаточно низкая вязкость;
- хорошая обрабатываемость;
- незначительная усадка;
- достаточная прочность соединения с краями трещины;
- достаточная прочность и долговечность;
- отсутствие веществ, способствующих коррозии.

В качестве материалов для заполнения трещин в практике используются [2]:

а) эпоксидная смола, является наиболее часто употребляемым в практике материалом, так как обладает высокой химической стойкостью, прочностью на растяжение и сжатие, а также имеет высокую прочность схватывания. В первую очередь она используется в тех случаях, когда необходимо обеспечить прочное соединение краев трещины (в случае, если они сухие). В дополнение к этому она может применяться с целью защиты материала от коррозии;

б) полиуретановая смола, предназначена для пластичного соединения краев трещины. Она обеспечивает надёжную защиту открытой арматуры от коррозии, а также может использоваться для заполнения влажных трещин;

в) цементный клей используется для заполнения трещин размером более 0,8 мм (обычно свыше 3 мм) и цементная суспензия (международное обозначение – ZS) используется для заполнения трещин размером больше 0,2 мм. Вяжущим этих материалов является цемент. Область применения цементного клея и цементной суспензии – соединение и закрытие сухих и влажных трещин.

Технология выполнения работ и приспособления для заполнения трещин

Нанесение материала и заполнение трещин может осуществляться различными методами. Каждый метод и материал заполнения имеет свою технологию, требует своих приспособлений и инструментов. Важной предпосылкой успешного ремонта трещин является температура окружающей среды [5]. При применении цементного клея и суспензии температура должна быть положительной, а при использовании смолы – не менее 80⁰С.

Пропитка

Наиболее простым методом закрытия трещины является наружная пропитка поверхности трещин эпоксидной смолой. Наносить смолу можно кистью или шпателем с резиновым наконечником. Как правило, за счёт пропитки достигается защита от коррозии открытой (вследствие трещинообразования) арматуры. При пропитке нельзя достигнуть прочного соединения краев трещины. В случае изменения размеров трещины герметичность пропитки может нарушиться и через трещину в конструкцию могут опять проникать вещества, вызывающие коррозию арматуры.

Кисть может быть использована при наличии тонких трещин, для нанесения смолы на вертикальные и горизонтальные поверхности конструкций. Перед пропиткой наружная поверхность конструкции должна быть очищена от пыли и грязи при помощи промышленных пылесосов или струи сжатого воздуха. Повторное нанесение смолы на поверхность конструкции осуществляется через 3-5 мин и продолжается до тех пор, пока смола не будет больше впитываться в трещину. Трещины должны пропитываться примерно на глубину до 5 мм или на глубину в 15 раз превышающую ширину раскрытия трещины.

Инъектирование

Полное заполнение трещины может осуществляться только под давлением и через специальные приспособления, называемые паккерами (рис. 2) [2].

Для перемешивания и нагнетания инъектируемых материалов в практике применяются различные ручные инструменты и средства механизации, смесители и механизмы для нагнетания инъектируемых материалов.

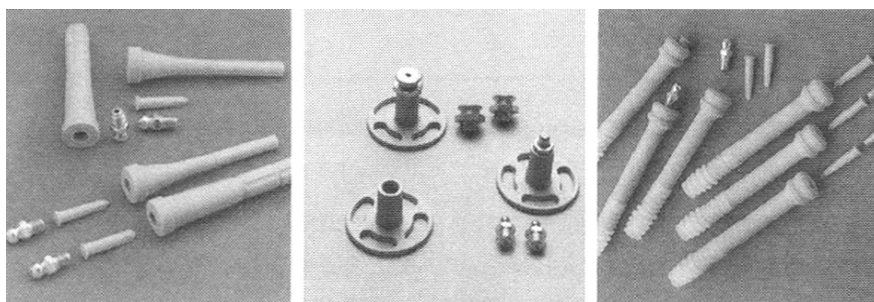
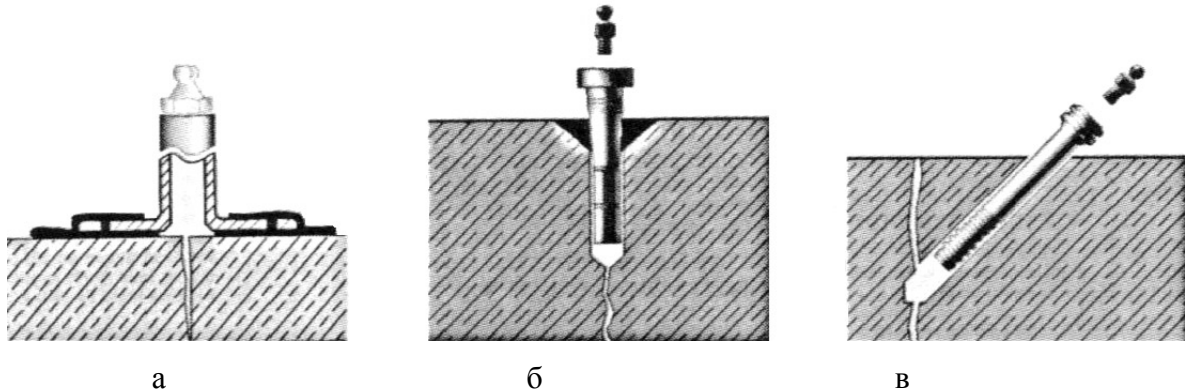


Рисунок 2 – Пакеры различных видов и конструкций

В практике выполнения работ по заполнению трещин различают пакеры поверхностные (наклеиваемые) и устанавливаемые (погружаемые) (рис. 3).



а – установка и принцип работы наклеиваемого паккера; б – установка и принцип работы устанавливаемого паккера; в – установка и принцип работы устанавливаемого под углом паккера

Рисунок 3 – Пакеры поверхностные и устанавливаемые

Расстояние между устанавливаемыми паккерами зависит от толщины конструкции, вида паккера и от того, с одной или двух сторон конструкции будет осуществляться нагнетание заполняющих материалов. В виде таблицы это можно представить следующим образом (табл. 1).

Таблица 1 – Расстояние между устанавливаемыми паккерами

| Инъектирование | Наклеиваемый паккер | Устанавливаемый паккер |
|----------------|-------------------------------|------------------------|
| Одностороннее | $a = D$ или $a = D - 10\%$ | $a = D/2$ |
| Двухстороннее | $a = D/2$ | $a = D/4$ |

a – расстояние между паккерами; D – толщина конструкции.

Процесс заполнения трещины методом инъектирования состоит из следующих операций:

- подготовка поверхности фрезерованием;
- сверление в бетоне шпуров для штуцеров;
- очистка шпуров от пыли сжатым воздухом или промывка;
- забивка (наклеивание) паккеров;
- герметизация трещины путем нанесения укрывающей массы;
- очистка и проверка проходимости паккеров;
- закрепление (накручивание) ниппеля на паккере;
- инъектирование;
- удаление укрывающей массы ручным инструментом;
- отбивание молотком или срезка выступающих частей паккеров;
- отделка поверхности вдоль трещины.

Трещина перед ее заполнением должна быть полностью закрыта извне специальной укрывающей массой, которая выполняет роль своеобразной опалубки для нагнетаемого раствора.

Шпурь сверлят электродрелью. Пакеры на глубину ввода обмазывают эпоксидным клеем и забивают в шпурь. После отверждения композиции через штуцеры продувают сжатый воздух или нагнетают воду для очистки трещины.

При вертикальном расположении трещин нагнетание осуществляется снизу вверх. К самому нижнему паккеру закрепляется ниппель и осуществляется инъекция до тех пор, пока материал не выступит на вышерасположенном паккере. Затем на этом паккере монтируется ниппель и процесс инъекции повторяется. После окончания процесса инъектирования и набором инъектируемыми материалами достаточной прочности поверхность бетона очищается от укрывающей массы, выступающих частей паккеров и выступивших на поверхность инъектируемых материалов.

Трещины в тонких конструкциях, где устройство шпуров невозможно, заделывают нагнетанием цементного раствора или полимерных композиций при помощи наклеиваемых паккеров, прикрепляемых к ремонтируемой поверхности.

После окончания работ по инъектированию трещин наружная поверхность бетона защищается от вредных воздействий окружающей среды.

Бетонополимеры обладают более высокой, чем обычные бетоны, прочностью, стойкостью к агрессивной среде, морозостойкостью, стойкостью к истиранию и кавитации и могут заменять при ремонте сооружений дорогой металл и природный камень. Применение полимерных композиций дает возможность практически полностью восстановить бетон, имеющий дефекты. При этом обеспечивается быстрый ввод отремонтированных сооружений в эксплуатацию, так как отверждение и набор прочности их происходит за 1...2 суток при нормальной температуре.

Список литературы

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции: Общий курс. – М.: Сройиздат, 1991. – 767 с.
2. Савйовский В.В., Болотских О.Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий. – Харьков: издательский дом "Ватерпасс", 1999. – 287 с.
3. Бойко М.Д. Техническое обслуживание и ремонт зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1993. – 208 с.
4. Филимонов П.И. Технология и организация ремонтно-строительных работ. – М.: Высш. шк., 1986. – 479 с.
5. Физдель И.А. Дефекты в конструкциях, сооружениях и методы их устранения. – М.: Стройиздат, 1987. – 336 с.

Одержано 01.09.10